

# Analisa Jumlah Blade Pada Wells Turbin Untuk Meningkatkan Daya Listrik pada Pltg Tipe Owc

Yusron Aziz<sup>1a)</sup>, Ir. Sardono Sarwito M.Sc<sup>1b)</sup>, Adi Kurniawan.,ST.,MT<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
E-mail : <sup>a)</sup>aziz.yusron@gmail.com

**Abstrak**-Oscilating water column (OWC) merupakan salah satu alat untuk mengkonversi energi ombak laut menjadi energi listrik. Mekanisme kerja dari alat ini adalah dengan naik turunnya gelombang laut akan mendorong udara pada kolom OWC, yang kemudian akan memutar turbin yang terhubung dengan generator yang kemudian akan menghasilkan aliran listrik. Indonesia merupakan negara maritim , yang mempunyai wilayah perairan, khususnya laut dengan luas kurang lebih tiga kali lipat dari daratan sangatlah berpotensi untuk dijadikan sebagai media pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan arus laut dan ombak. Tujuan utama dari studi ini dikhususkan pada pemodelan dan variasi jumlah blade pada wells turbin dengan jumlah 4-14 blade percobaan, menggunakan metode perhitungan dan simulasi dengan program ANSYS, yang bertujuan untuk meningkatkan besarnya efisiensi kenaikan daya. Sehingga PLTG dengan pemodelan oscilating water column (OWC) ini menjadi pilihan pembangkit listrik yang ada di Indonesia khususnya di daerah pesisiran pantai.

**Kata Kunci**- Oscilating water column, gelombang laut, wells turbin

## I. PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara maritim , yang mempunyai wilayah perairan, khususnya laut dengan luas kurang lebih tiga kali lipat dari daratan sangatlah berpotensi untuk dijadikan sebagai media pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan arus laut , ombak , dan perbedaan suhu dari laut tersebut. Pemanfaatan gelombang ini kemudian akan dibuat sebuah pembangkit listrik tenaga listrik tenaga gelombang laut. Oscilating water column merupakan salah satu alat untuk mengkonversi energi ombak laut menjadi energi listrik. Meksisme kerja dari alat ini adalah dengan naik turunnya gelombang laut akan mendorong udara pada kolom oscilating water column (OWC), yang kemudian akan memutar turbin yang terhubung dengan generator yang kemudian akan menghasilkan aliran listrik. Pembahasan dikhususkan pada pemodelan bentuk turbin yang baru dan variasi jumlah blade pada turbin yang sudah yang bertujuan untuk meningkatkan besarnya efisiensi kenaikan daya. Sehingga PLTG dengan pemodelan oscilating water column (OWC) ini menjadi pilihan pembangkit listrik yang ada di Indonesia khususnya di daerah pesisiran pantai.

## II. DASAR TEORI

### A. Oscillating Water Column (OWC)

Konversi Energi Gelombang Laut tipe OWC telah banyak diminati oleh para peneliti karena pertimbangan

kesederhanaan dan kemudahan dalam mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi lain yang lebih berdaya guna. Pertimbangan dasar lainnya karena tipe OWC tidak memiliki komponen konstruksi yang bergerak dibawah air laut yang sangat korosiv. Saat ini sudah ada pembangkit listrik yang dibangkitkan oleh energi gelombang laut. Pembangkit energi gelombang yang banyak dikembangkan adalah jenis Oscillating Water Column (OWC).

Sistem pembangkit listrik tersebut terdiri dari air collector chamber berisi udara yang berfungsi untuk menggerakkan turbin, kolom tempat air bergerak naik dan turun melalui saluran yang berada di bawah ponton dan turbin yang terhubung dengan generator. Gerakan air naik dan turun yang seiring dengan gelombang laut menyebabkan udara mengalir melalui saluran menuju turbin. Turbin tersebut didesain untuk bisa bekerja dengan generator putaran dua arah. Sistem yang berfungsi mengkonversi energi mekanik menjadi listrik terletak di atas permukaan laut dan terisolasi dari air laut dengan meletakkannya di dalam ruang khusus kedap air, sehingga bisa dipastikan tidak bersentuhan dengan air laut. [1]

### B. Proses Terjadinya Ombak

Gelombang permukaan laut (ombak) adalah gelombang permukaan yang terjadi di permukaan laut. Peristiwa terjadinya ombak karena adanya waktu dan perbedaan kekuatan penyinaran matahari, serta adanya pengaruh iklim lokasi suatu daerah, maka akan terjadi tekanan udara yang berbeda pada beberapa daerah yang berbeda. Akibat adanya perbedaan tekanan udara ini akan terjadi aliran udara yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Aliran udara ini yang disebut angin. Bila angin melawati suatu daerah lautan terbuka serta bertiup secara terus menerus pada permukaannya, mula – mula akan menyebabkan riak pada permukaan tersebut, dimana makin lama semakin besar. [2]

### C. Faktor yang mempengaruhi ombak

Gelombang laut atau yang biasa disebut ombak merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi maupun diatur kemunculannya secara pasti. Namun ombak dapat diprediksi dengan menganalisa factor-faktor yang mempengaruhi kemunculannya tersebut. Beberapa factor utama yang mempengaruhi ombak antara lain sebagai berikut :

- Angin

Angin adalah salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya ombak, angin mempengaruhi variasi pada tinggi dan periode terjadinya ombak. Ombak teratur (swell) tergantung pada:

- Kecepatan angin
- Lama angin berhembus (duration)
- Panjang daerah persentuhan angin dengan permukaan air laut (panjang fetch).

Ketiga faktor diatas sangat menentukan tinggi dan periode dari ombak teratur. Jika angin berhembus dengan kecepatan konstan maka ketinggian ombak akan meningkat begitu juga dengan periode dari ombak. Kemudian perjalanan ombak teratur dari jarak ratusan meter, karena daerah bangkitan ombak jauh dari pantai. Dalam perjalanannya ketinggian ombak akan berkurang namun periode ombak meningkat. [3]

- Batimetri

Batimetri berasal dari bahasa Yunani dari kata bati yang artinya kedalaman dan metri yang artinya ukuran, jadi batimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudra. Yang di alami ombak saat mendekati pantai, ombak teratur (swell) mengalami perubahan tinggi, panjang gelombang dan kecepatan sesuai dengan keadaan dasar laut dan rintangan – rintangan yang ada di alam, seperti pulau, karang dan lain – lain. Maka ombak tersebut mengalami deformasi gelombang yaitu refraksi, difraksi dan refleksi.

- Refraksi

Refraksi adalah salah satu deformasi yang dialami ombak karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pada daerah laut dalam dasar laut tidak mempengaruhi jalannya ombak sedangkan di daerah laut dangkal dan transisi, ombak dipengaruhi oleh dasar laut. Pada daerah laut dangkal dan transisi, jika meninjau pada garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih rendah daripada bagian air di yang lebih dalam, fenomena tersebut akan membelokkan garis puncak gelombang dan berusaha akan sejajar dengan garis kontur dasar laut. Fenomena ini dapat di analogikan seperti cahaya yang memasuki dua medium yang berbeda. Jika cepat rambat gelombang berkurang karena 17 kedalam laut maka panjang gelombang juga berkurang secara linier. Pada puncak gelombang terjadi variasi cepat rambat gelombang yang membentuk sudut tertentu terhadap kontur dasar laut dengan adanya variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha sejajar dengan kontur dasar laut. Refraksi menyebabkan perubahan arah gelombang dan akan menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan berpengaruh pada energi gelombang yang sampai di pantai. [3]

- Difraksi.

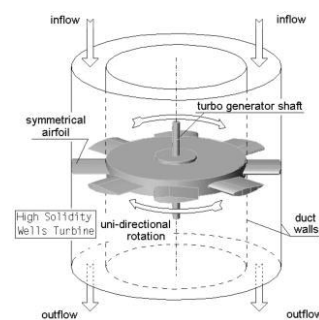
Jika gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan, maka gelombang akan membelok disekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindungi dibelakangnya. Fenomena ini adalah difraksi gelombang. Pada difraksi terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran

gelombang menuju daerah yang terlindung, jika tidak terjadi difraksi gelombang di belakang rintangan akan tenang. Namun karena adanya difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datangnya. Transfer energi ke daerah terlindungi menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut.

- Refleksi.

Saat ombak membentur rintangan vertikal, seperti dinding pantai, energi ombak tersebut akan di serap sebagian oleh dinding pantai jika dinding tersebut keropos. Namun keadaan sebenarnya energi tidak diserap namun dipantulkan, maka refleksi adalah pemantulan energi gelombang akibat membentur rintangan. [3]

### C. Wells Turbin



Gambar 1. Prinsip Kerja wells turbin [4]

Turbin Wells adalah turbin udara bertekanan rendah yang berputar terus menerus dalam satu arah walaupun arah aliran udara yang melewatinya berubah . blade pada turbin ini memiliki bentuk aerofoil yang simetris dan juga simetris pada bidang rotasi dan tegak lurus terhadap aliran udara.

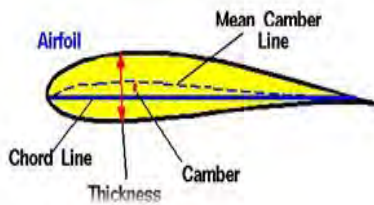
- Airfoil NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)

NACA airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi airfoil. Geometri airfoil memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL, dan kemudian akan terkait dengan lift (gaya angkat yang dihasilkan). [7]

Hingga sekitar Perang Dunia II, airfoil yang banyak digunakan adalah hasil riset Gottingen. Selama periode ini banyak pengujian airfoil dilakukan diberbagai negara, namun hasil riset NACA lah yang paling terkemuka. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau thickness serta pengujiannya dilakukan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dibanding yang lain. Hal ini sering dirangkum oleh beberapa parameter seperti: ketebalan maksimum, maksimum bentuk melengkung, posisi max ketebalan, posisi maks

bentuk melengkung, dan hidung jari-jari. Seperti terlihat pada gambar 15 suatu airfoil terdiri dari :

- Permukaan atas (Upper Surface)
- Permukaan bawah (Lower Surface)
- Mean camber line adalah tempat kedudukan titik-titik antara permukaan atas dan bawah airfoil yang diukur tegak lurus terhadap mean camber line itu sendiri.
- Leading edge adalah titik paling depan pada mean camber line, biasanya berbentuk lingkaran dengan jari-jari mendekati 0,02 c.
- Trailing edge adalah titik paling belakang pada mean camber line
- Camber adalah jarak maksimum antara mean camber line dan garis chord yang diukur tegak lurus terhadap garis chord.
- Ketebalan (thickness) adalah jarak antara permukaan atas dan permukaan bawah yang diukur tegak lurus terhadap garis chord. [8]



Gambar 2. NACA Airfoil Geometri [5]

#### • Perhitungan Gaya Airfoil

Kualitas unjuk kerja dari sudu-sudu yang airfoil ini biasanya dinyatakan dalam harga koefisien gaya drag (CD) dan gaya lift (CL). Gaya lift adalah gaya yang arahnya tegak lurus aliran yang mengenai suatu bentuk airfoil. Gaya drag adalah gaya yang sejajar dengan aliran fluida yang mengenai suatu bentuk airfoil. Besarnya masing-masing gaya tersebut adalah:

$$F_l = C_l \frac{1}{2} \rho A v^2$$

$$F_d = C_d \frac{1}{2} \rho A v^2$$

Fl = gaya lift ( gaya angkat ) (N)  
 Fd = gaya drag ( gaya seret ) (N)  
 $\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 V = Kecepatan angin (m/s)  
 Ap = Plan View Area (m<sup>2</sup>)  
 Cl = koefisien gaya angkat  
 Cd = koefisien gaya hambat

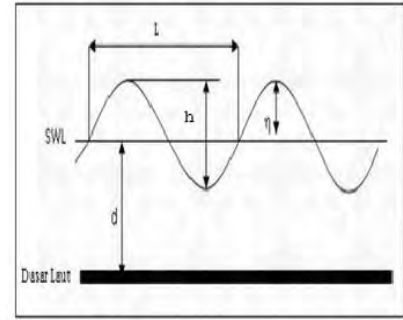
#### D. Perhitungan Energi Gelombang

Untuk mengetahui daya yang terdapat pada gelombang, maka pertama harus mengetahui energi gelombang yang tersedia. Energi gelombang total adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial. Energi potensial dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$PE = mg \frac{y(x,t)}{2}$$

PE = energi potensial (J)  
 m = massa gelombang (kg)  
 g = gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$y = y(x,t)$  = tinggi dari dasar laut ke permukaan ( $d+\eta$ )



Gambar 3. Profil Gambar Beserta Propertinya [6]

Keterangan Gambar:

$\lambda$  = panjang gelombang  
 h = tinggi gelombang  
 d = kedalaman  
 SWL = sea water level  
 $\eta$  = amplitudo gelombang  
 c = kecepatan gelombang

### III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilakukan dua metode, yaitu metode perhitungan berdasarkan persamaan – persamaan dan metode simulasi dengan menggunakan program ansys, tujuan utama dilakukannya dua metode ini adalah untuk membandingkan hasil perhitungan dengan hasil simulasi dengan mengetahui besar error dengan persen.

Percobaan wells turbin diameter 75cm, chord 12cm menggunakan NACA 0012, percobaan dilakukan menggunakan 3 well turbin yaitu wells turbin dengan jumlah 4 blade, 6 blade dan 8 blade. Kemudian percobaan wells turbin dengan jumlah blade 4 – 14 blade dengan berupa hasil yang akan difalidasi dengan hasil simulasi dengan program ansys, beberapa perbandingan yang diambil adalah gaya (F) dan daya (watt).

### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam pengerjaan penelitian ini dilakukan percobaan yang pertama sebanyak tiga kali yaitu wells turbin dengan jumlah 4 blade, 6 blade dan 8 blade, berikut adalah hasil perhitungan dari well turbin dengan jumlah blade 8 :

$$F_l = C_l \frac{1}{2} \rho A v^2$$

$$F_d = C_d \frac{1}{2} \rho A v^2$$

$$T = F \times R$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya Putar (N)

R = Panjang Lengan (m)

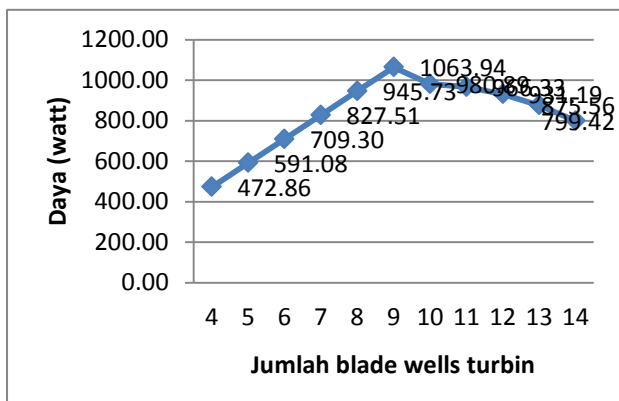
Tabel 1. hasil perhitungan wells turbin, 8 blade :

R (m)	P (watt)	T (Nm)	$\omega$ (rad/s)	RPM	F (N)
0.425	35.03	1.49	23.53	224.80	0.44
0.425	118.22	3.35	35.29	337.20	0.99
0.425	280.22	5.95	47.06	449.61	1.75
0.425	547.30	9.30	58.82	562.01	2.74
0.425	945.73	13.40	70.59	674.41	3.94
0.425	1501.78	18.24	82.35	786.81	5.36
0.425	2241.72	23.82	94.12	899.21	7.01

Dari hasil perhitungan antara wells turbin A, B dan C terlihat jelas bahwa daya terbesar dihasilkan oleh wells turbin C hal ini dikarenakan, jumlah blade sangat berpengaruh pada daya wells turbin. Wells turbin A, ( $v = 40$  m/s,  $P=1120.86$ watt), wells turbin B ( $v = 40$  m/s,  $P=1681.29$  watt), wells turbin C ( $v = 40$  m/s,  $P=2241.72$  watt) hal dikarenakan jumlah blade yang lebih banyak akan mempengaruhi besar torsi pada masing – masing blade yang dikalikan dengan jumlah blade pada wells turbin, yang berpengaruh pada besar daya (P).

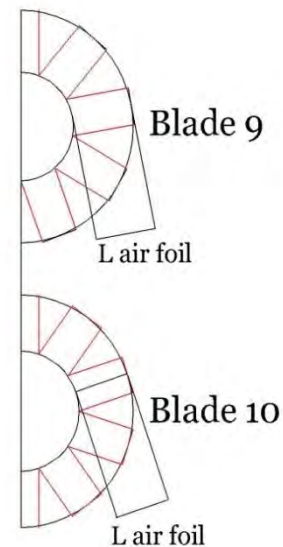
Tabel 2. perhitungan perbandingan jumlah blade wells turbin, dari jumlah blade 4-14 :

blade	R (m)	P (watt)	T (Nm)	$\omega$ (rad/s)	RPM	F (N)
4	0.425	343.21	4.86	70.59	674.41	4.54
5	0.425	429.01	6.08	70.59	674.41	4.54
6	0.425	514.81	7.29	70.59	674.41	4.54
7	0.425	600.61	8.51	70.59	674.41	4.54
8	0.425	686.41	9.72	70.59	674.41	4.54
9	0.425	717.47	10.16	70.59	674.41	4.21
10	0.425	642.94	9.11	70.59	674.41	3.96
11	0.425	590.60	8.37	70.59	674.41	3.59
12	0.425	533.98	7.56	70.59	674.41	3.27
13	0.425	470.18	6.66	70.59	674.41	2.94
14	0.425	401.81	5.69	70.59	674.41	2.62



Gambar 4. Grafik perbandingan jumlah blade dengan besar daya (P).

Dari hasil gambar 4, terlihat grafik yang menjelaskan bahwa jumlah blade berpengaruh pada kenaikan daya yang di hasilkan oleh wells turbin tetapi pada wells turbin dengan jumlah blade 10 – 14 terjadi penurunan daya. Jadi dapat disimpulkan bahwa wells turbin diameter 75cm chord 12cm NACA 0012 dengan daya tertinggi dihasilkan oleh wells turbin dengan jumlah blade 9.



Gambar 1. Perbandingan panjang lengan airfoil wells turbin dengan jumlah blade 9 dan 10

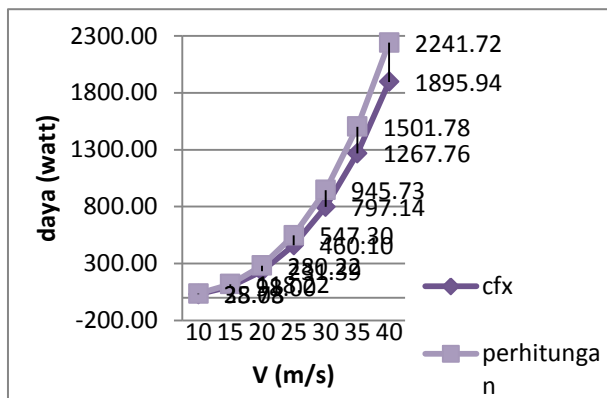
Dari gambar 5, dapat dianalisa bahwa panjang lengan airfoil pada wells turbin dengan jumlah blade 9 lebih panjang dari panjang lengan air foil wells turbin dengan jumlah blade 10, hal ini dipengaruhi oleh banyaknya blade yang mempengaruhi panjang lengan airfoil, dari persamaan ini  $F_d = C_d \frac{1}{2} \rho A v^2$  terlihat jelas bahwa besar gaya sangat dipengaruhi oleh luasan (A) dimana  $A = L \text{ air foil} \times L \text{ Chord}$ , jadi kesimpulannya semakin banyak jumlah blade maka semakin kecil luasan (A) yang dimiliki oleh airfoil tersebut, walaupun jumlah blade sangat memengaruhi besar Torsi namun juga memengaruhi panjang lengan airfoil

Tabel 3. Hasil simulasi CFX pada Wells turbin 8 blade

R (m)	P (watt)	T (Nm)	$\omega$ (rad/s)	RPM	F (N)	v (m/s)
0.425	30.33	1.289025	23.52941	0.951057	0.337	10
0.425	103.4725	2.931721	35.29412	0.951057	0.766463	15
0.425	249.7788	5.3078	47.05882	0.951057	1.38766	20
0.425	488.5808	8.305873	58.82353	0.951057	2.17147	25
0.425	845.4591	11.97734	70.58824	0.951057	3.13133	30
0.425	1344.389	16.32472	82.35294	0.951057	4.2679	35
0.425	2009.358	21.34943	94.11765	0.951057	5.58155	40

Tabel 4. Perbandingan hasil CFX dengan perhitungan pada wells turbin 8 blade

Kec. (M/s)	Daya (P)		Error %
	CFX	Perhitungan	
10	28.78	35.03	17.825
15	98.00	118.22	17.1
20	231.39	280.22	17.425
25	460.10	547.30	15.932
30	797.14	945.73	15.712
35	1267.76	1501.78	15.583
40	1895.94	2241.72	15.425



Gambar 6. Grafik Perbandingan daya CFX dgn perhitungan pada wells turbin 8 blade

Dari hasil validasi dari kedua wells turbin yaitu pada wells turbin blade 8 dengan wells turbin blade 9 pada variasi kecepatan ( $V$ ) sebesar 10 m/s, 15m/s, 20m/s, 25m/s, 30m/s, 35m/s dan 40 m/s dapat dilihat bahwa error pada wells turbin blade 9 lebih kecil dibandingkan dengan hasil pada wells turbin 8 blade, perbedaan error pada kedua well turbin tersebut sebesar 2.5 %.

Adapun beberapa analisa mengenai error ini disebabkan oleh kualitas meshing yang tergantung dari kemampuan komputer sendiri hasil meshing buruk maka akan menghasilkan hasil yang kurang falid dan apabila hasil meshing yang sangat baik maka terdapat bnyak losses dikarenakan meshing sendiri adalah proses membagi gambar menjadi partikel kecil untuk membuatnya tampak sedangkan hasil perhitungan adalah hasil ideal tanpa memperhitungkan gangguan dari luar dan losses.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap ketiga model wells turbin maka didapatkan wells turbin yang menghasilkan daya tertinggi yaitu wells turbin dengan jumlah blade 8 dengan kecepatan 40 m/s 2241.72 watt.

2. Semakin banyak jumlah blade pada wells turbin maka daya yang dihasilkan juga tinggi. Misal untuk kecepatan tetap 40m/s, untuk wells turbin 4 blade menghasilkan 1120.86 watt, untuk wells turbin 6 blade menghasilkan 1681.29 watt, untuk wells turbin 8 blade menghasilkan 2241.72 watt,
3. Jumlah blade berpengaruh pada Torsi ( $\tau$ ), Gaya ( $F$ ) dan sudut arah serang fluida yang kemudian memengaruhi besar daya (watt) yang dihasilkan oleh wells turbin.
4. Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap wells turbin dari jumlah blade 4 sampai pada wells turbin dengan jumlah blade 14. Maka didapatkan wells turbin dengan diameter 75cm, NACA 0012, chord 0.12cm daya terbesar pada wells turbin dengan jumlah blade 9.

## Saran

Dari hasil pengerjaan tugas akhir saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

1. Pada perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil simulasi dengan ANSYS didapatkan error paling besar 17.82 %. Untuk menghasilkan hasil yang optimal pada tugas akhir ini untuk langkah selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan membuat sebuah prototype.
2. Error yang dihasilkan pada simulasi dengan menggunakan program ANSYS dikarenakan oleh kualitas desain khususnya pada tahap meshing, performa komputer terhadap waktu running simulasi dan perencanaan simulasi meliputi kecepatan ( $v$ ) fluida, boundary, skala meshing.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *M. Hendra Pebrianto, 2008, "Oscillating Water Column" Yogyakarta*
- [2] *Istokomah, 2005 "Karakteristik Ombak" 2005*
- [3] *Triatmojo, Bambang, 1999, "Teknik Pantai", Beta Offset, Yogyakarta*
- [4] *Mulyadi, 2010. "Prinsip Kerja Wells Turbin"*
- [5] *Suseno, Michael, 2011, "Teknik Mesin"*
- [6] *McCormick, Michael E, 1981 "Ocean Wave Energy Conversion", Dept of Naval Systems Engineering, U.S Naval Academy, Annapolis, Maryland.)*